

## 试论变速恒频风力发电控制技术

张东明

江西江特电机有限公司, 江西 宜春 336000

**[摘要]**在当前时期,科技发展的速度是较快的,工业规模也在持续扩大,这就使得能源消耗大幅增加,尤其是石油、煤炭之类不可再生能源的存储量明显降低,这就使得资源缺口逐渐变大,对环境造成的污染是较为严重的。在现阶段,太阳能、风能之类可再生能源的受重视程度提高了很多,此类能源的情节性、绿色性是较强的,相关国家正在对此展开深入的研究。众所周知,风能开发、利用的规模有一定程度增加,风力发电是常用的开发方式。切实做好风力发电工作可以使得电力结构更为完善,而且能够对环境起到良好的保护作用,能源紧张问题也会有一定程度缓解。

**[关键词]**风力发电;控制技术;变速恒频

DOI: 10.33142/aem.v3i9.4956

中图分类号: TM614

文献标识码: A

### Trial Discussion on Variable Speed Constant Frequency Wind Power Generation Control Technology

ZHANG Dongming

Jiangxi Jiangte Motor Co., Ltd., Yichun, Jiangxi, 336000, China

**Abstract:** In the current period, the speed of scientific and technological development is fast, and the industrial scale is also expanding, which makes the energy consumption increase significantly, especially the storage of non renewable energy such as oil and coal is significantly reduced, which makes the resource gap gradually larger, and the environmental pollution is more serious. At this stage, the attention of renewable energy such as solar energy and wind energy has increased a lot. The plot and green of such energy are strong, and relevant countries are carrying out in-depth research on it. As we all know, the scale of wind energy development and utilization has increased to a certain extent, and wind power generation is a common development method. Doing a good job in wind power generation can not only improve the power structure, but also play a good role in protecting the environment, and the problem of energy shortage will be alleviated to a certain extent.

**Keywords:** wind power generation; control technology; variable speed constant frequency

### 引言

随着全球经济的发展,对能源的需求量大幅增加,在此背景下,能源开发的受重视程度大幅提高,不可再生能源的开发明显过度,为了使得这个问题能够消除,应该要完成好可再生能源的开发工作。对风力发电系统展开分析可知,其主要有两类,即恒速恒频发电系统、变速恒频发电系统。从变速恒频发电来看,电力电子、矢量变换控制、微机信息处理等方面的技术能够在发电机控制中起到良好的作用,因而必须要对此展开深入的探析。

### 1 发电技术概况

对风力发电系统予以分析可知,常用的包括恒速恒频、变速恒频这两种发电系统<sup>[1]</sup>。在进行风力发电时,发电机运行采用的方式有两种,其一是独立运行;其二是并联并行,从经济性角度来说,将常规电网、风力电网予以并联并行具有的优势是较为明显的,因而规模也是相对较大的。当然,并网运行必须要达到既定条件方可使得恒频能够实现,也就是保证风力发电机、电网运行频率保持一致,不可出现任何误差。所谓恒速恒频,即是发电时应该要确保发电机转子转速不会出现变化;变速恒频则明显不同,也就是当风速出现变化时,发电机转速也会随之改变,此时要利用可行的方法进行控制,保证恒定频率能够切实达成<sup>[2]</sup>。风速出现变化的话,这个时候的风力机也可以实现变速运行的话,那么风能就能够得到充分利用。主要是风力机的风能利用系数 $C_p$ ,在某一确定的风轮叶尖速比 $\lambda$ 下将达到最大值,如图1所示。

恒速恒频发电系统能够产生的效果并不是十分理想,风力机转速长时间保持固定值,然而风速却并不是十分稳定的,呈现出明显的变化。由于风速一直处于变化中,因而风力机速度就会发生偏离,这个时候, $C_p$ 并不能够处于最优状态,风力资源自然会有一定程度浪费,发电效率也会变得较为低下。若想保证风能的实际利用率能够实现最大化,应该要依据风速来对电机转速进行适当调节,也就是要保证发电机的转速一直处于最佳状态,这样一来, $C_p$ 就会为最佳值,或者是接近最佳值,风能自然就会得到充分利用,发电效率也会有大幅提升,风力机运行条件可以真正得以优化<sup>[3]</sup>。

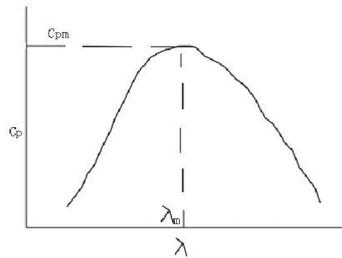


图1 风能利用系数与叶尖速比的关系曲线

## 2 变速恒频风力发电技术

### 2.1 恒速恒频风力发电技术

对恒速恒频发电系统予以分析,在并网运行时使用的发电机主要是笼型异步电机,风速增加后,发电机能够获得的机械功率也会随之变大,输出功率、反转矩同样也会增大。相较于同步转速,如果转速速度能够超出其3%至5%的话,输出功率就会处于最大值,当然,转子速度继续增加则会导致异步发电机变得不够稳定,这个时候,反转矩就会变小,转速不会降低,这个时候发生飞车的几率就会加大,安全无法得到保证。风力机如果保持恒速运行的话,转速并不会发生变化,但是风速则会改变,这就使得风能无法得到充分利用,发电机运行效率也是较为低下的。

### 2.2 变速恒频风力发电技术

在对风力、水力能源进行开发时,变速恒频发电技术的应用效果是较为理想的。众所周知,风能呈现出随机特征,而且不是十分稳定的,而恒速恒频发电是无法高效捕获风能的,这就使得风能浪费显得较为严重。变速恒频发电则可对转速进行适当调节,确保转速处于最佳状态,这样就可保证发电效率大幅提升。从变速恒频发电系统来看,其能够对风力变化产生的多余能量进行存储,疲劳造成的损伤就能够切实减少,机组寿命得以延长。另外来说,机组的有功功率、无功功率均可实现解耦控制,而且机组、电网也能够真正做到柔性连接。在域外先进国家中,变速恒频技术的应用是较为常见的,当风力发电技术在更大范围内得到应用后,此种发电方式的应用必然会变得更为普遍<sup>[4]</sup>。

## 3 变速恒频风力发电控制技术

在科技发展速度持续加快的今天,变速恒频发电系统的研究工作正在深入展开,而且呈现出多元特征。在变速恒频发电机中,电力电子交流装置是十分关键的,其能够起到非常重要的作用。

### 3.1 交流转直流再转交流式发电系统

在此种发电系统中,若想实现发电机、电网的有效了解,必须先通过变频器、变压器完成处理装换工作,而且在风速发生变化时,发电机转速也会改变,而产生的交流电则要通过整流器予以处理,转换为直流电后再通过逆变器予以处理,转变为频率保持不变的交流电,此时方可传送至电网中。在此系统中,常用的电动机为鼠笼式异步发电机。

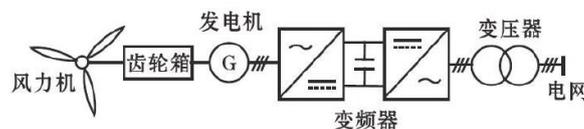


图2 鼠笼型异步发电机变速恒频发电系统

### 3.2 交流励磁式变速恒频发电系统

这个系统的组成部分共有三个,即控制电路、双向变换器、双馈感应发电机。发电机定子应该与电网并联,转子则要通过励磁变换器、进线电抗器和电网实现连接。将风能转变成机械能,使得机械开始旋转,此时产生的机械能则可使发动机转子转动,这样一来,机械能就会转变成电能,而电力则可以通过定子绕组进入到电网中。在风速发生变化时,发电机的转速也会改变,对转子进行适当调节就可使得电流频率有一定程度改变,定子频率自然就能够一直保持。具体的关系式如下:

$$f_1 = p_n f_m + f_2 \quad (1)$$

在这个公式中, $f_1$ 表示的是电网频率, $f_m$ 表示的是转子机械频率, $p_n$ 表示的是发电机电极对数, $f_2$ 表示的则是转子电频率。当 $n_m$ 改变后,那么 $p_n \cdot f_m$ 值也必然会随之改变,这个时候对 $f_2$ 值予以适当调整的话,则可保证 $f_1$ 不会出现变

化，这样一来，变速恒频控制的目标也就能实现。

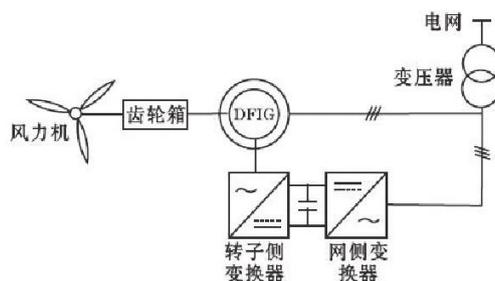


图3 交流励磁双馈发电机变速恒频发电系统

### 3.3 变速恒频风力发电关键技术的优点

对两种发电机进行比对后可知，变速恒频可以使得风能利用率大幅提升，发电机运行可以保持最大功率。变速恒频风力发电可以使得每年的总发电量有20%的增加幅度，运行效率也能够有切实的提高，发电机可以长时间保持运行状态，这样就保证输出功率变得较大。电动机的连接采用柔性方式可以使得风力机寿命有一定程度延长，疲劳损伤也能够切实减少。在对励磁进行调节时，采用矢量控制方式除了能够对有功、无功功率进行独立调节外，并可使得电网频率因数实现自动调节，整个电力系统就可拥有良好的动态、静态性能<sup>[5]</sup>。此系统产生的噪音是相对较小的，电能质量比较高，而且在不久的将来就能够完全实现自动化控制。

## 4 技术发展趋势展望

### 4.1 风力发电机大型化

如此能够使得占地面积大幅缩减，并网所要投入的成本也能够控制在较低的范围，而且风能的实际利用率会有大幅提升。

### 4.2 采用变桨距和变速恒频技术

对于大型风力发电机来说，将变桨距、变速恒频技术予以应用能够使得发电机体积切实减小，重量能够减轻很多，投入的成本自然就会得到控制，更为重要的是，发电量能够有大幅提高，发电效率、电能质量等也会得到切实保证。

### 4.3 风力发电机直接驱动

采用直接驱动方式能够保证能量不会出现大量损耗，噪声也可降低，可靠性可以得到切实保证。

### 4.4 风力发电机无刷化

能够保证系统保持稳定运行，发电效率大幅提升，而且不需要进行维护。

### 4.5 智能化控制

通过智能化控制可以使得参数时变、非线性因素产生的影响得到消除<sup>[6]</sup>。

### 4.6 采用磁力传动技术和磁悬浮技术

可以在微风状况下进行发电。

## 5 结语

由上可知，变速恒频发电系统能够保持能源利用率大幅提升。在我们国家，此种技术的发展速度是较快的，发电机设计、控制策略以及并网运行等均有明显的提升，在实用化、市场化等方面有长足的进步，可以坚信的是，在不久的将来，变速恒频必然会在更大的范围内得到应用。

### [参考文献]

- [1]叶洪海,罗宾,包宇.变速恒频风力发电系统应用技术研究[J].仪器仪表用户,2020,27(2):67-69.
- [2]高忠飞,李春凯,马传宇.变速恒频风力发电控制技术[J].防爆电机,2014,49(6):29-31.
- [3]吴聂根,程小华.变速恒频风力发电技术综述[J].微电机,2019,42(8):69-72.
- [4]沙非,马成廉,刘闯,等.变速恒频风力发电系统及其控制技术研究[J].电网与清洁能源,2019,25(1):44-47.
- [5]陈鸣,杨刚.风力发电技术及其发展趋势[J].电力学报,2018(4):272-275.
- [6]李军军,吴政球,谭勋琼,陈波.风力发电及其技术发展综述[J].电力建设,2011,32(8):64-72.

作者简介:张东明(1977.12-)男,南昌大学,工业自动化,工程师。